เรื่องน่าอ่าน
ร.อ. สหพงษ์ เครือเพ็ชร ร.น.

MAGNETO-OPTICAL

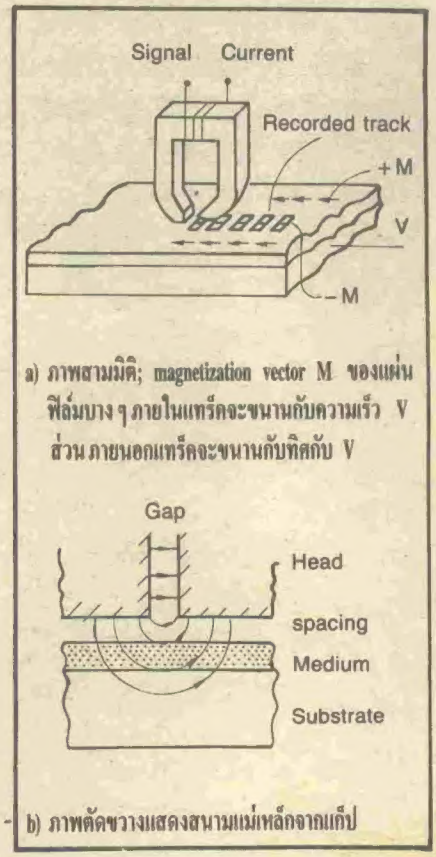
เทคโนโลยีเพิ่มความจุดิสค์

เทคโนโลยีของการบันทึกลงบนสารแม่เหล็กชนิดพิเศษที่ผนวกกับเทคนิคทางเลเซอร์ ทำให้สามารถเพิ่มความจุดิสค์ได้ถึง 1 กิกะไบต์

ปัจจุบันนี้การที่จะบันทึกข้อมูลให้ได้มาก ๆ โดยใช้เนื้อที่ให้น้อยที่สุด เป็นสิ่งที่ปรารถนาในทุกวงการ ไม่ว่าจะเป็นวงการคอมพิวเตอร์ วงการเครื่องเสียงหรือแม้กระทั่งวงการวิดีโอ เทคโนโลยีที่จะกล่าวถึงนี้เป็นการนำเทคนิคทางเลเซอร์มาผสมผสานกับเทคนิคทางแม่เหล็ก ซึ่งเป็นเทคนิคแบบเก่า เรียกว่า แมกเนโตออปติก (Megneto-optic) ซึ่งได้ความจุเป็นกิกะ-ไบต์บนดิสเกตต์เนื้อที่ 3.5 นิ้วเมื่อเทียบกับวิธีเก่าคือ แมกเนติกสามารถจุได้เป็นเมกะไบต์ ก่อนที่จะไปรู้จักกับเทคโนโลยีใหม่ ควรทำความเข้าใจเรื่องการบันทึกแบบแมกเนติกและการเปลี่ยนสัญญาณให้เป็น 0 กับ 1 ก่อน

การบันทึกแบบแม่เหล็ก

ในการบันทึกทางแม่เหล็กจะมีแผ่นบาง ๆ ที่เรียกว่า ฟิล์ม (film) ของสารแม่เหล็ก โดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะเป็นสารไอรอน อ๊อกไซด์ (Iron oxide) แต่ปัจจุบันมีการใช้สารที่ดีขึ้นกว่าไอรอนอ๊อกไซด์ เช่น Cobalt-Chromium Plati-



a) ภาพสามมิติ; magnetization vector M ของแผ่นฟิล์มบาง ๆ ภายในแทร็คจะขนานกับความเร็ว V ส่วนภายนอกแทร็คจะขนานกับทิศกับ V

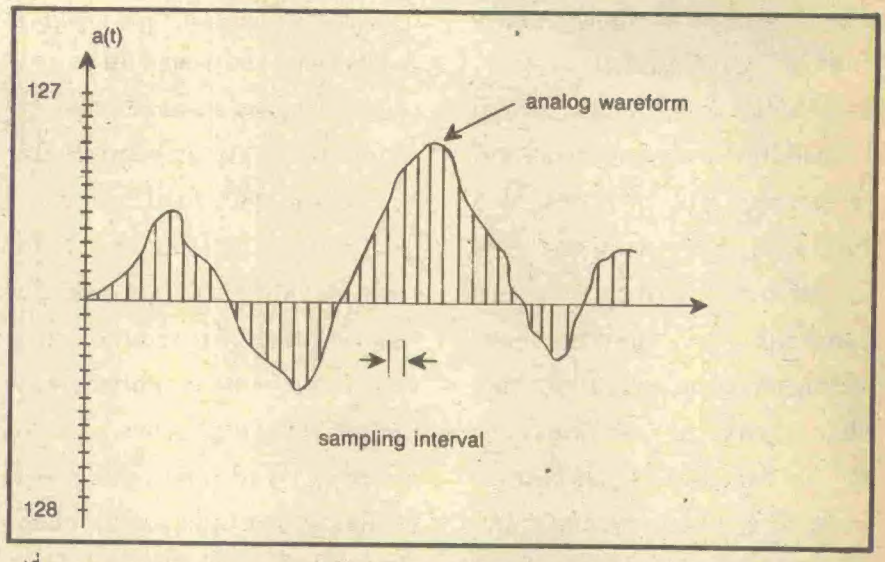
b) ภาพตัดขวางแสดงสนามแม่เหล็กจากแก๊ป

รูปที่ 1 แสดงการบันทึกโดยใช้หัว single track ring

num ซึ่งสารเหล่านี้เป็น Ferromagnetic สารเหล่านี้จะมีทิศทางของสนามแม่เหล็กอยู่ในแนวขนานกับระนาบของแผ่นฟิล์ม และยังมีทิศทางขนานกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากหัวแม่เหล็ก ดังรูปที่ 1 หัวแม่เหล็กจะมีลักษณะเป็นแกนขดลวดที่มีช่องว่าง (gap) เพื่อให้มีสนามแม่เหล็กรั่วไหลในฟิล์มให้ไปทางใดทางหนึ่งด้วยการเปลี่ยนทิศทางการเรียงตัวของกระแสไฟฟ้าในหัวจากบวกเป็นลบ เราจะสามารถเปลี่ยนทิศทางการเรียงตัวของสนามแม่เหล็กในแผ่นฟิล์มได้ เช่น จากทิศทาง +X ไปเป็นทิศทาง −X นั่นคือ การบันทึก 1 และ 0 ลงบนแผ่นดิสค์หรือเทป

การเปลี่ยนสัญญาณให้เป็น 0 หรือ 1

ในการบันทึกข้อมูล เช่น เสียง สามารถทำได้ 2 วิธีคือ อะนาล็อก และดิจิตอล ถ้าเราทำแบบดิจิตอล เช่นจากดิจิตอลออดิโอเทป (DAT) โดยการนำรูปคลื่น (wave form) ของเสียงมา sampling เรารู้ว่าเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินมีความถี่ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ หากต้องการที่จะรักษาความถี่ทั้งหมด 20 กิโลเฮิรตซ์ ตามทฤษฎีของ Nyquist เราจะต้องนำรูปคลื่นของเสียงมา sampling ด้วยความถี่ถึง 2 เท่าของแบนด์วิดธ์นั้น เช่น ถ้าแบนด์วิดธ์ 20 กิโลเฮิรตซ์ เราจะต้องนำรูปคลื่นของเสียงมา sampling ด้วยความถี่ $2 \times 20 = 40$ กิโลเฮิรตซ์ ในดิจิตอลออดิโอเราจะนำรูปคลื่นของเสียงมา sampling ด้วยความถี่ 44 เมกะเฮิรตซ์ ดังนั้นเราจะนำ 44,000 แซมเพิล (Sample) ของรูปคลื่นทุก ๆ วินาที ซึ่งขณะนี้เป็นตัวเลขของค่าโวลต์เตจแล้วเปลี่ยนค่าเหล่านี้เป็นไบนารี ดังรูปที่ 2 จากนั้นเราก็รวมไบนารีเหล่านี้เป็นไบต์ ซึ่งประกอบด้วยกลุ่ม 0 กับ 1 จนถึงตรงนี้จะเห็นว่าสามารถเปลี่ยนรูปคลื่นที่มีรูปร่างสลับซับซ้อนให้มาเป็นตัวเลข 0 กับ 1 แล้วก็บันทึก 0 กับ 1 ลงบนดิสค์หรือเทป เมื่อต้องการนำมาใช้งานทำได้โดยรวมกลุ่ม 0 กับ 1 ในรูปของไบต์แล้วเปลี่ยนกลับเป็นโวลต์เตจและแซมเพิล หากมีแซมเพิลเหล่านี้แล้วผ่านเข้าไปในโลว์พาสฟิลเตอร์ก็จะได้รูปคลื่นเดิม จากนั้นก็สามารถป้อนเข้าลำโพงเพื่อเปลี่ยนเป็นเสียงให้ได้ยินได้



รูปที่ 2 Analog Waveform a(t) ถูกแซมเพิลด้วยช่วง +t แต่ละแซมเพิล จะปัดเศษไปเป็นเลขจำนวนเต็ม (integer) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง −128 ถึง +127 ดังแสดงตามแนวแกนตั้งค่าเลขจำนวนเต็มที่แทนแซมเพิลสามารถแทนได้ด้วยไบนารี (0 ถึง 1) จำนวน 8 บิต (ตัวอย่างเช่น 1 ไบต์) ดังนั้นสัญญาณดิจิตอลก็คือ Sequence ของไบต์ ซึ่งประกอบด้วย 0 ถึง 1 จำนวนมาก

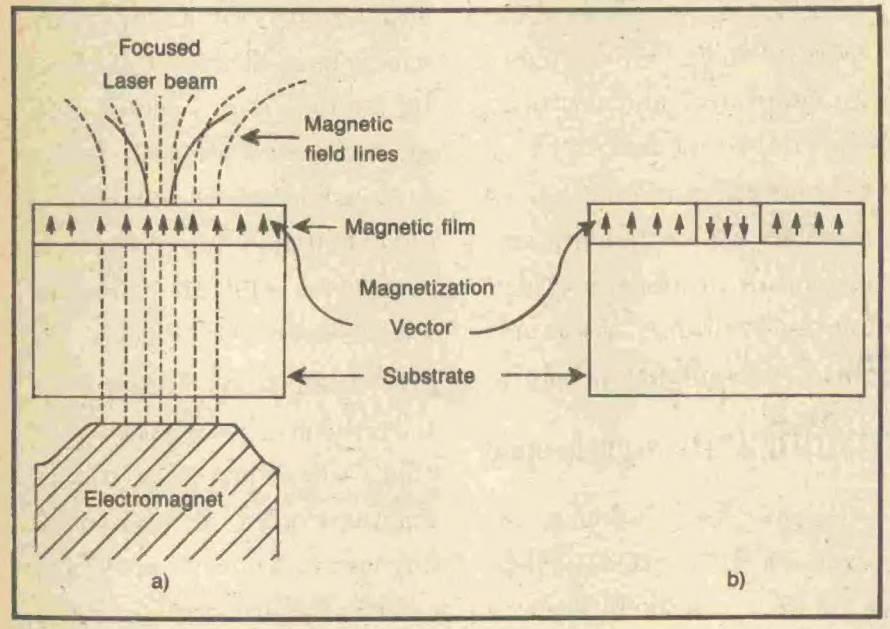
การบันทึกแบบ magneto-optic

เมื่อกล่าวถึงการบันทึกแบบแมกเนโตออปติก ซึ่งยังคงประกอบด้วยชั้นของแม่เหล็กบาง ๆ ที่จะบันทึกข้อมูลลงบนดิสค์หรือเทปที่มีพลาสติกหรือแก้วเป็นส่วนประกอบ และฉาบด้วยชั้นบาง ๆ ของสารแม่เหล็ก สารแม่เหล็กนี้จะแตกต่างจากสารแม่เหล็กที่ใช้ในการบันทึกแบบแม่เหล็ก สิ่งหนึ่งที่แตกต่างกันคือ ทิศทางการวางตัวของสนามแม่เหล็กของแผ่นบาง ๆ นี้จะตั้งฉากกับแนวราบของแผ่นฟิล์ม สารแม่เหล็กที่ว่านี้เป็นพวกที่มีลักษณะไม่แน่นอน (amorphous) ในการบันทึกด้วยสนามแม่เหล็ก แผ่น cobalt-chromium-platinum ที่กล่าวข้างต้นจะมีลักษณะเป็น polycrytalline ผลึกจะมีขนาดเล็กเป็น 100 อังสตรอม (1 angstroms = 10^{-10}m) แต่เมื่อเทียบขนาดกับอะตอมแล้วยังใหญ่กว่า ในการบันทึกแบบออปติกสาร amorphous จะมีขนาดเล็กกว่า เป็นระเบียบและเรียงตัวเหมือน terbium-iron cobalt เราจะได้จำนวนของพื้นที่เหล่านี้ (domain) มีทิศทางความเป็นแม่เหล็กขึ้นหรือลง และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการบันทึก 1 หรือ 0 ในการบันทึกแบบดิจิตอล

วิธีที่ใช้บันทึก 0 และ 1 ลงไปจะแตกต่างจากการบันทึกแบบแมกเนติก

ซึ่งจะไม่มีหัวเหนี่ยวนำ (inductive head) อีกต่อไป แต่จะใช้ลำแสงของเลเซอร์ ตัวอย่างเช่น ถ้าเราใช้เลเซอร์ไดโอดที่ให้แสงความยาวคลื่น 680 นาโนมิเตอร์ (1 nanometer = 10^{-9}m) ซึ่งก็จะได้จุดโฟกัสขนาด 680 นาโนมิเตอร์ ซึ่งมีขนาดเล็กมากแสงนี้สามารถเคลื่อนที่ไปมาทั่วแผ่นดิสค์ เมื่อเราปล่อยแสงเลเซอร์แสงจะถูกโฟกัสแล้วทำให้อุณหภูมิของสารที่มาใช้ในการบันทึกสูงขึ้นถึง 200-300 องศาเซลเซียส ที่จุดนี้สามารถจะสูญเสียความต้านทานต่อการกลับขั้วแม่เหล็ก (magnetic reversal) ดังนั้นถ้าเรามีแม่เหล็กขนาดเล็กอยู่ใต้ดิสค์ ซึ่งแม่เหล็กนี้สามารถจะกลับทิศทางของแมกเนไตเซชันตรงจุดที่ร้อน ดังรูปที่ 3 แม่เหล็กนี้สามารถเปิดไว้ตลอด เช่น เป็นแม่เหล็กถาวรตราบใดที่ยังไม่มีแสงเลเซอร์เข้ามาทำให้แผ่นฟิล์มร้อนจะไม่มีอะไรเกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นฟิล์มมีค่า coercivity (resistance to reversal) สูงมาก แต่ถ้าปล่อยแสงเลเซอร์เข้ามาจะทำให้อุณหภูมิบริเวณนั้นจะสูงขึ้น resistance to reversal จะถูกทำลายและสนามแม่เหล็กที่ป้อนให้จะกลับทิศทางของแมกเนไตเซชัน

สมมติว่ามีแผ่นดิสค์ที่ยังไม่ได้บันทึก โดยให้มีทิศทางของสนามแม่เหล็กชี้ขึ้น เมื่อใดที่เราต้องการบันทึก 1 โดยการเปิดเลเซอร์ ทิศทางของสนามแม่เหล็กบนดิสค์ก็จะชี้ลง และถ้าต้องการบันทึก 0 จะไม่ทำอะไรทั้งสิ้น เพียงแต่ปิดเลเซอร์และทิศทางของสนามก็ยังคงชี้ขึ้นเหมือนเดิม ในที่สุดก็จะได้พื้นที่ที่มีทิศทางของสนามแม่เหล็กขึ้นและลง ซึ่งแทน 0 กับ 1 ในทำนองเดียวกันเราสามารถอ่านแพตเทอร์นเหล่านี้ได้โดยใช้เลเซอร์ตัวเดิม เพียงแต่ลดกำลัง (power) ลงแล้วใช้เทคนิค magneto-optic kerr effect สำหรับการสแกนของแสงเลเซอร์ แสงเลเซอร์จะอยู่กับที่แต่ดิสค์จะหมุนไปด้วยความเร็วหลายพันรอบต่อนาที ซึ่งหัวเลเซอร์จะประกอบด้วย laser, detector, เลนส์, polarizer, beam-splitter ฯลฯ เมื่อต้องการจะบันทึกเซตของข้อมูล จะบันทึกลงทีละ 1 แทร็ค (1 รอบวงกลม) ถ้าเราต้องการบันทึกลงแทร็คอื่น ตัวอย่างเช่น รัศมีอื่นของดิสค์จะต้องเคลื่อนหัวเลเซอร์ไปอยู่ที่รัศมีนั้น สำหรับการลบข้อมูลจะทำเหมือนการเขียนข้อมูล ต่างกันตรงที่สนามแม่เหล็กที่ให้จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับที่ใช้ในการเขียน



รูปที่ 3 การบันทึกแบบ Thermomagnetic

a) แสงเลเซอร์ที่โฟกัสลงบนแผ่นฟิล์มจะทำให้อุณหภูมิบริเวณนั้นสูงขึ้นและกลับทิศทางของ magnetification ที่บริเวณนั้น

b) เมื่อหยุดปล่อยแสงเลเซอร์ อุณหภูมิบริเวณนั้นจะกลับสู่สภาพปกติแต่ reverse-magnetized domain ยังคงอยู่

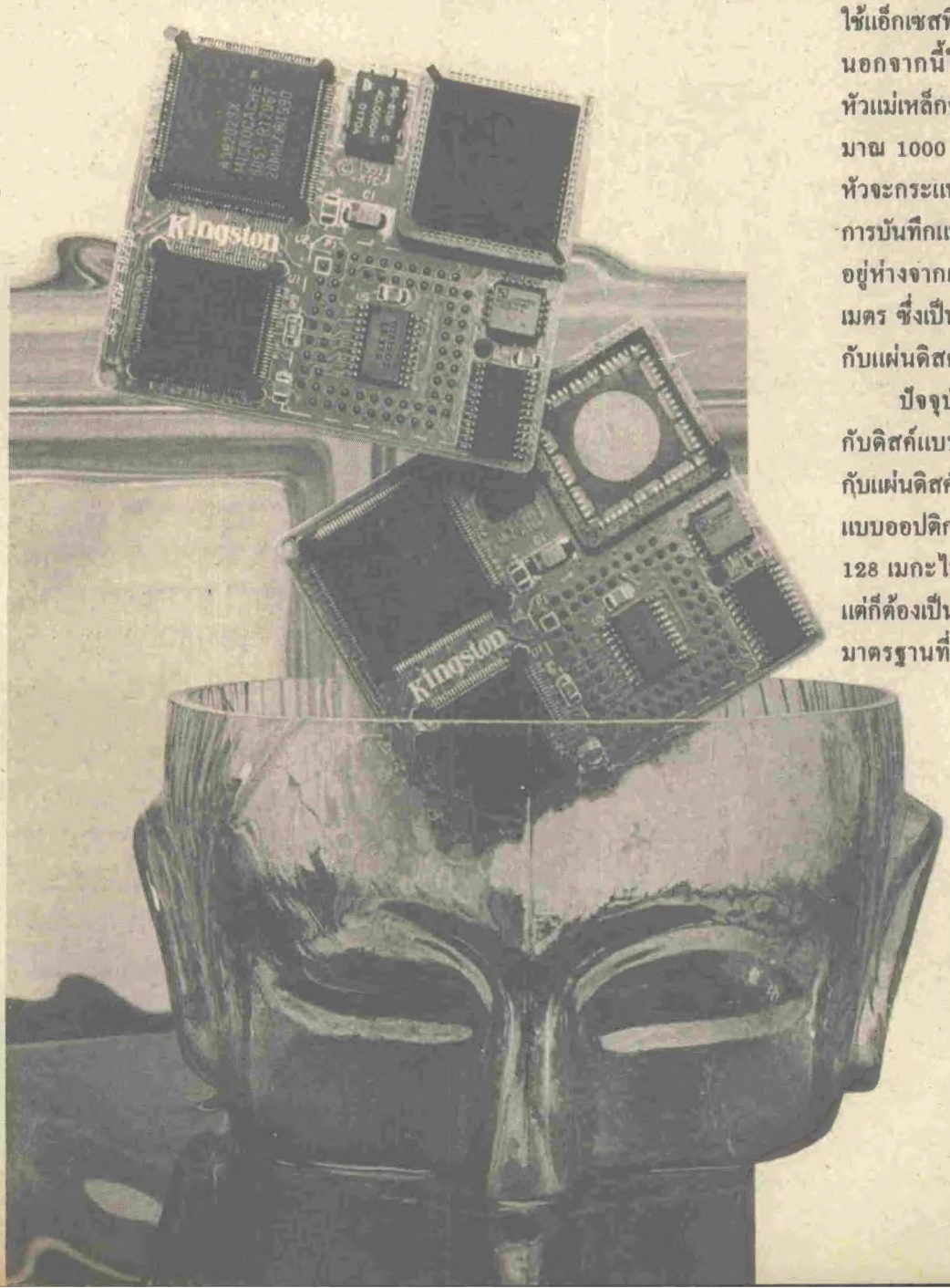
Acess time (เวลาที่ใช้จากแทร็คหนึ่งไปยังอีกแทร็คหนึ่ง)

ในการบันทึกทางแม่เหล็กนี้จะมีหัวที่เบามากประมาณไม่กี่กรัม สามารถเคลื่อนหัวจากแทร็คหนึ่งไปยังอีกแทร็คหนึ่งด้วยความรวดเร็ว เวลาในการค้นหาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากแทร็คหนึ่งไปอีกแทร็คหนึ่งจะเฉลี่ยประมาณ 10 มิลลิวินาที สำหรับการบันทึกแบบออปติกหัวจะหนักกว่า เนื่องจากมีส่วนประกอบมากกว่า เช่น เลนส์, actuator สำหรับการโฟกัสแบบอัตโนมัติ นอกจากนั้นยังมี laser beam splitter และ detector ทั้งหมดรวมกันแล้วหนักประมาณ 50-100 กรัม ซึ่งจะเห็นว่าหนักกว่า ดังนั้นหัวจะเคลื่อนที่ได้ยากเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการค้นหาจากแทร็คหนึ่งไปยังอีกแทร็คหนึ่งประมาณ 50-60 มิลลิวินาที แต่อีกไม่นานน้ำหนักจะลดลงเหลือประมาณ 20 กรัม ซึ่งสามารถแข่งขันกับการบันทึกแบบแม่เหล็กได้ ซึ่งเป็นข้อเสียเปรียบสำหรับการบันทึกแบบแมกเนโตออปติก สำหรับข้อได้เปรียบคือ ความจุ (capacity)

สามารถโฟกัสแสงให้มีขนาดเล็กถึง diffraction limit ปัจจุบันนี้ใช้ GaAlAs ไดโอดเลเซอร์ เลเซอร์นี้จะให้จุดโฟกัสประมาณ 1 ความยาวคลื่นด้วยการใช้ช่องรับแสงในเลนส์ (operture) ขนาด 0.5-0.6 (เลเซอร์ไดโอดนี้ให้ความยาวคลื่นประมาณ 800 นาโนมิเตอร์) เราจะได้จุดโฟกัสขนาด 800 นาโนมิเตอร์ ดังนั้นดิสค์ขนาด 3.5 นิ้ว 2 หน้า เมื่อเอาพื้นที่ของดิสเกตต์หารด้วยพื้นที่ของจุดโฟกัสแล้วจะสามารถเก็บข้อมูลได้ประมาณ 1 กิกะไบต์ ซึ่งการบันทึกแบบแม่เหล็กไม่สามารถทำได้

ดิสค์ขนาด 3.5 นิ้วในปัจจุบัน

ถ้าพูดถึงฟลอปปี้ดิสค์เราจะหมายถึงความจุไม่กี่เมกะไบต์ แต่ถ้าพูดถึงฮาร์ดดิสค์จะหมายถึง 100 เมกะไบต์ ซึ่งเป็นอัตราส่วน 1 ต่อ 100 แต่ถ้าพูดถึงแมกเนโตออปติกจะเป็น 10 เท่าหรือมากกว่านั้นของฮาร์ดดิสค์

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการบันทึกแบบแม่เหล็กที่สามารถมีความจุเท่าแมกเนโตออปติก โดยการประชุม Magnetism and Magnetic Material Congerence ที่จัดขึ้นที่ Pittsburgh, USA ในเดือนมิถุนายน 2534 วิศวกรของบริษัทฮิตาชิได้แสดงให้เห็นถึงการรวมเอาเทคนิคทางออปติกเข้ากับเทคนิคทางแม่เหล็ก โดยเขาได้สาธิตในห้องแลปเทคนิคนี้จะใช้แอ็กเซสที่นานซึ่งยังเป็นข้อเสียเปรียบ นอกจากนี้ในการบันทึกแบบแม่เหล็กหัวแม่เหล็กจะอยู่ห่างจากแผ่นดิสค์ประมาณ 1000 อังสตรอม ซึ่งง่ายต่อการที่หัวจะกระแทกแล้วเสียหายได้ แต่สำหรับการบันทึกแบบออปติกแล้วหัวออปติกจะอยู่ห่างจากแผ่นดิสค์ประมาณ 2 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นการรักษาหัวไม่ให้กระแทกกับแผ่นดิสค์

ปัจจุบันมีดิสค์ไดรฟ์ที่สามารถใช้กับดิสค์แบบออปติกได้และสามารถใช้กับแผ่นดิสค์แบบธรรมดาก็ได้ แผ่นดิสค์แบบออปติกที่ออกวางตลาดจะมีความจุ 128 เมกะไบต์ ซึ่งยังไม่ถึงลิมิตของมัน แต่ก็ต้องเป็นเช่นนั้นเพราะให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ตกลงกันไว้